

PERCOBAAN STABILISASI TANAH LEMPUNG MENGGUNAKAN CAMPURAN ABU TERBANG DAN GEOSTA

Suryo Hapsoro Tri Utomo *)

ABSTRACT

Pavement which is built on subgrade are depend on physical and geotechnical properties of the subgrade. Engineering properties of clay for subgrade could be improved by stabilization.

The stabilization experiment on the clay was conducted by mixing the clay sample with fly ash and geosta. Fly ash used was 13%, and the variation of geosta used were 0%, 1%, 5%, 7.5%, 10% and 15%, all were percentage to weight of the clay on dry condition. To investigate the effect of curing time on the properties of specimen, experiment were conducted on specimen with 28 days curing time and on specimen without curing time.

With no curing time, increment of geosta content resulted in reduction of plasticity index, swelling, clay fraction, and increment of CBR value, sand and silt fractions.

PENDAHULUAN

Dalam pembangunan jalan, tanah dasar (*subgrade*) merupakan bagian yang sangat penting, karena tanah dasar akan mendukung seluruh konstruksi lapis keras beserta muatan lalu lintas di atasnya dan menentukan ketebalan lapis keras yang harus dibuat.

Prasarana jalan kadang-kadang harus melalui daerah dengan kondisi tanah yang secara geoteknis tidak menguntungkan, misalnya tanah lempung yang mempunyai kuat dukung yang rendah, pengembangan (*swelling*) yang besar, dan plastisitas yang tinggi. Bahan tanah dasar pada umumnya diambil dari tanah setempat, namun apabila bahan tanah dasar tersebut tidak memenuhi syarat dapat diadakan perbaikan tanah yang dapat berupa penggantian tanah, perkuatan atau stabilisasi.

Abu terbang, yang di Inggris dikenal dengan *Pulverised Fuel Ash* dan secara internasional banyak dikenal dengan nama *Fly Ash*, merupakan limbah sisa pembakaran batu bara pada pembangkit tenaga listrik. Prijatama (1993) menunjukkan bahwa produksi tiap tahun abu terbang di Indonesia sekitar 400.000 - 500.000 ton. Abu terbang dimaksud akan terakumulasi hingga mencapai jumlah yang sangat besar dan akan merupakan problem lingkungan yang perlu ditangani. Untuk mengatasinya salah satu jalan ialah memanfaatkan limbah abu terbang sebagai bahan yang lebih berguna misalnya untuk stabilisasi tanah.

TUJUAN

Studi eksperimental ini bertujuan untuk menguji pengaruh campuran abu terbang-geosta (untuk selanjutnya dalam tulisan ini disingkat dengan ATG) dan waktu perawatan terhadap sifat-sifat fisis dan geoteknis

tanah lempung dalam penggunaannya untuk tanah dasar konstruksi lapis keras.

TINJAUAN PUSTAKA

Stabilisasi

Dalam uraian mengenai perbaikan sifat-sifat tanah, Ingles dan Metcalf (1972) menyatakan bahwa perbaikan sifat-sifat tanah untuk mencapai persyaratan teknis tertentu disebut dengan stabilisasi. Secara umum stabilisasi tanah dapat dikelompokkan ke dalam dua jenis, yaitu stabilisasi mekanis dan stabilisasi kimiawi.

Abu Terbang

Abu terbang yang merupakan limbah pembakaran batu bara merupakan material yang halus, ringan, pada umumnya mempunyai sifat *self-hardening* dan bersifat non-plastik. Tipikal komposisi kimia abu terbang ialah : SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , CaO , MgO , K_2O , P_2O_5 , Na_2O , SO_3 , sisa karbon dan sedikit unsur lainnya (Tri Utomo, 1990; Prijatama, 1993).

Geosta

Geosta dikembangkan oleh Dr. Taguchi dari Jepang selain untuk mengurangi adanya retak-retak pada stabilisasi tanah dengan semen juga merupakan bahan stabilisasi tanah. Penelitian yang dilakukan oleh Pusat Penelitian dan Pengembangan Departemen Pekerjaan Umum menunjukkan bahwa penambahan geosta pada stabilisasi tanah mampu menaikkan daya dukung tanahnya (Anonim, 1993).

Geosta mengandung berbagai jenis garam dan unsur-unsur anorganik, dengan susunan kimia seperti yang disajikan pada Tabel 1.

*)Dr. Ir. Suryo Hapsoro Tri Utomo, Dosen Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik UGM

Tabel 1. Unsur Penyusun Geosta

Unsur	%
Amonium Chlorida (NH ₄ Cl)	5
Natrium Chlorida (NaCl)	20
Ferrum Chlorida (FeCl ₃)	2
Carbon	1
Magnesium Chlorida (MgCl ₂)	22
Kalium Chlorida (KCl)	25
Calcium Chlorida (CaCl ₂)	10
Lain-lain	10
Jumlah	100

Sumber : Geosta Soil Stabiliser

California Bearing Ratio dan Pengembangan

Nilai California Bearing Ratio (CBR) merupakan salah satu cara yang sangat umum untuk menunjukkan kekuatan tanah dasar untuk keperluan perancangan lapis keras. Untuk pengujian laboratorium, tanah dipadatkan di dalam cetakan untuk mencapai kepadatan yang disyaratkan. Untuk mewakili beban yang akan berada di atas tanah dasar, beban tambahan dalam bentuk lempengan bulat berlubang diletakkan di atas permukaan tanahnya. Sedangkan untuk mewakili kondisi terjelek di lapangan, benda uji direndam selama 4 hari. Potensi pengembangan dapat diperiksa dengan mengukur pengembangan selama masa perendaman (Atkins, 1980).

Nilai CBR merupakan nilai banding antara gaya yang diperlukan untuk menembus tanah dengan piston berukuran standart (1935 mm²) dengan kecepatan standart (1mm/menit) terhadap gaya yang diperlukan untuk menembus bahan standart. Terdapat dua macam pengukuran nilai CBR, yaitu (Head, 1982) :

1. Nilai CBR pada penetrasi 2,5 mm

$$CBR_{2,5} = \frac{P_1}{13,24} \times 100\%$$

2. Nilai CBR pada penetrasi 5 mm

$$CBR_5 = \frac{P_2}{19,96} \times 100\%$$

dengan :

P_1 = gaya yang diperlukan untuk penetrasi 2,5 mm (dalam kN)

P_2 = gaya yang diperlukan untuk penetrasi 5 mm (dalam kN)

Nilai CBR terbesar dari kedua nilai CBR di atas diterima sebagai nilai CBR terpilih.

Pengembangan selama perendaman dihitung dengan cara berikut :

$$\text{Pengembangan} = \frac{(h_2 - h_1)}{h_1} \times 100\%$$

dengan :

h_1 = tinggi benda uji semula

h_2 = tinggi benda uji setelah perendaman

CARA PENELITIAN

Bahan

Dalam percobaan ini digunakan bahan-bahan sebagai berikut :

1. Tanah lempung, berasal dari daerah Kasongan, Kabupaten Bantul Daerah Istimewa Yogyakarta.
2. Abu terbang segar dan kering, berasal dari Pusat Listrik Tenaga Uap Suralaya, Cilegon, Jawa Barat.
3. Geosta, diperoleh dari distributornya berkedudukan di Jakarta.

Alat

1. Cawan untuk menempatkan spesimen pengujian kadar air
2. Timbangan dengan ketelitian 0,005 gram dan ketelitian 1,0 gram
3. Oven listrik dengan suhu terkontrol 105-110o C
4. Piknometer
5. Cetakan (*Mould*) untuk percobaan pemadatan
6. Saringan dan Hidrometer
7. Alat uji California Bearing Ratio
8. Alat uji batas cair Casagrande
9. Alat uji batas plastis

PELAKSANAAN PENELITIAN

Pengujian Sifat Indeks dan Pemadatan

Sifat indeks dan karakteristik pemadatan dilakukan terhadap tanah lempung murni tanpa diberi ATG dan diuji berdasarkan metode pengujian sebagai berikut :

Tabel 2. Jenis Pengujian dan Metode Pengujian yang Digunakan

No.	Jenis Pengujian	Metode Pengujian	Keterangan
1	Kadar air	PB-0117-76	
2	Berat jenis	PB-0108-76	
3	Batas cair	PB-0109-76	
4	Batas plastis	PB-0110-76	
5	Gradasi	PB-0106-76 dan PB-0107-76	Pemeriksaan basah
6	Pemadatan	PB-0111-76	Pemadatan standart

Pengujian Pengaruh ATG

Pengaruh ATG terhadap tanah lempung diperiksa melalui pengujian-pengujian :

1. Karakteristik pemadatan
2. Batas-batas konsistensi
3. Pengembangan (*Swelling*)
4. Nilai CBR
5. Komposisi fraksi

Pengujian nomor 2, 3, 4 dan 5 di atas dilakukan terhadap benda uji berumur 0 hari (segera setelah pembuatan benda uji) dan benda uji yang telah dirawat 28 hari.

Perancangan Benda Uji

Untuk melakukan pengujian pengaruh ATG dan masa perawatan terhadap sifat-sifat fisis dan geoteknis tanah lempung digunakan kadar abu terbang yang tetap yaitu 13%, sedangkan kadar geosta bervariasi, yaitu 0% (tanpa geosta), 1%, 5%, 7,5%, 10% dan 15%, semuanya ialah terhadap berat kering tanah lempung. Mengenai kadar campuran, sejauh yang diketahui oleh penulis, petunjuk kadar campuran dimaksud belum ada. Perancangan kadar abu terbang sebesar 13% ialah mengikuti Bowles (1984) yang menyarankan penggunaan abu terbang sebesar 12% hingga 30%.

Cara Perawatan Benda Uji

Benda uji yang telah dipadatkan di dalam cetakan (*mould*) sesuai standart pengujian PB-0111-76, permukaan bagian atas dan bagian bawahnya ditutup dengan kertas filter kemudian dituangi lilin. Selanjutnya benda yang tetap berada di dalam dan bersama dengan cetakannya dibungkus secara rapat menggunakan plastik. Tujuan perlakuan tersebut ialah untuk mempertahankan kadar air benda uji selama masa perawatan. Adapun masa perawatan 28 dipilih sesuai dengan percobaan oleh Ismanto (1991) pada stabilisasi menggunakan abu terbang Suralaya.

Cara Pengujian Pengaruh ATG

Semua pengujian yang dilakukan terhadap benda uji dengan kadar campuran yang bervariasi (periksa C. Perancangan Benda Uji) berdasarkan metode pengujian sebagai berikut :

Tabel 3. Pengujian dan Umur Benda Uji

No.	Jenis Pengujian	Metode Pengujian	Umur Benda Uji (hari)	
			0	28
1	Karakteristik pemadatan	PB-0111-76	√	
2	Batas konsistensi	PB-0109-76 dan PB-0110-76	√	√
3	Pengembangan (Swelling)	selama perendaman 4 hari	√	√
4	Nilai CBR	PB-0113-76	√	√
5	Komposisi fraksi	PB-0106-76 dan PB-0107-76	√	√

keterangan : √ = diuji

HASIL PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN

Tanah Lempung

Sebelum dicampur dengan ATG, tanah lempung mempunyai karakteristik sebagai :

Tabel 4. Sifat-sifat Tanah Lempung Asli

No	Sifat/Karakteristik	Satuan	Nilai
1	Berat Jenis (<i>specific gravity</i>)		2,65
2	Batas cair (<i>liquid limit, LL</i>)	%	65
3	Batas plastis (<i>plastic limit, PL</i>)	%	30
4	Indeks plastisitas (<i>plasticity index, PI</i>)	%	35
5	Berat unit kering maksimum	Mg/m ³	1,18
6	Kadar air optimum	%	42
7	Pengembangan	%	1,2
8	CBR	%	3
9	Fraksi pasir	%	8
10	Fraksi lanau	%	46
11	Fraksi lempung	%	46

Pengaruh ATG dan Masa Perawatan

Karakteristik Pemadatan

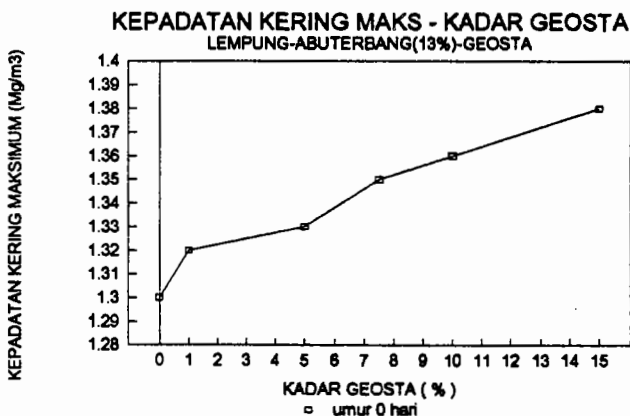
Pengaruh abu terbang dan ATG terhadap karakteristik pemadatan tanah lempung diperoleh sebagai berikut :

Tabel 5. Pengaruh ATG terhadap karakteristik pemadatan

No.	Karakteristik	Lempung asli	% Geosta dengan 13% abu terbang					
			0	1	5	7,5	10	15
1.	γ_k maks (Mg/m ³)	1,18	1,30	1,32	1,33	1,35	1,36	1,38
2.	KAO (%)	42	38	36	35	34	33	31

γ_k maks = berat unit kering maksimum

KAO = kadar air optimum

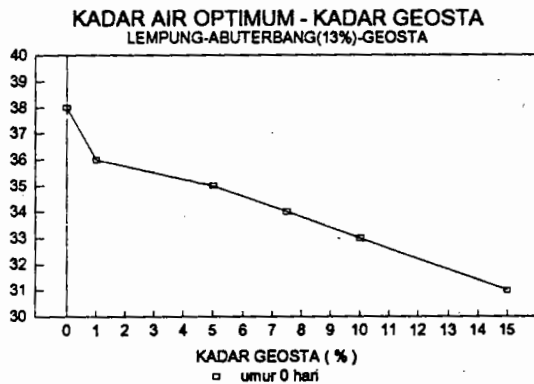


Gambar 1. Pengaruh ATG terhadap Kepadatan Kering Maksimum

Pengaruh ATG terhadap pengembangan

Tabel 7. Variasi pengembangan (%)

No.	Perawatan	Lempung asli	% geosta dengan 13 % abu terbang						
			0	1	5	7,5	10	15	
1.	Tanpa masa perawatan	1,2	1	0,7	0,8	0,7	0,5	0,4	
2.	Masa Perawatan 28 hari	---	0,7	0,5	0,4	0,3	0,2	0,2	

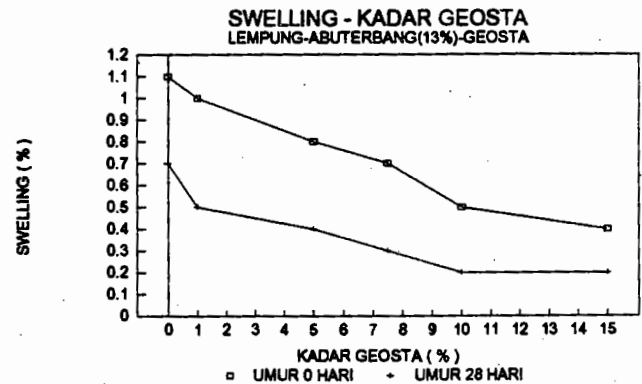


Gambar 2. Pengaruh ATG terhadap Kadar Air Optimum

Pengaruh ATG terhadap batas-batas konsistensi

Tabel 6. Variasi nilai batas-batas konsistensi

No.	Batas-batas konsistensi	Lempung asli	% geosta dengan 13 % abu terbang						
			0	1	5	7,5	10	15	
A.	Tanpa masa perawatan								
1.	Batas cair	65	63	62	58	57	56	54	
2.	Batas plastis	30	31	32	33	34	37	38	
3.	Indeks plastisitas	35	32	30	25	23	19	16	
B.	Masa Perawatan 28 hari								
1.	Batas cair	---	62	62	61	52	54	51	
2.	Batas plastis	---	32	38	39	35	38	39	
3.	Indeks Plastisitas	---	30	24	22	17	16	12	

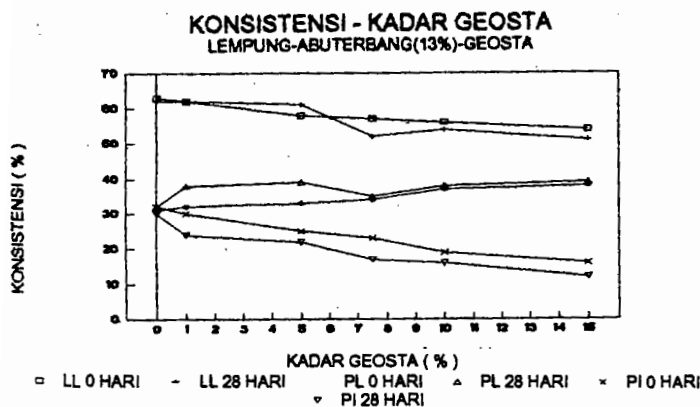


Gambar 4. Pengaruh ATG dan Masa Perawatan terhadap Pengembangan

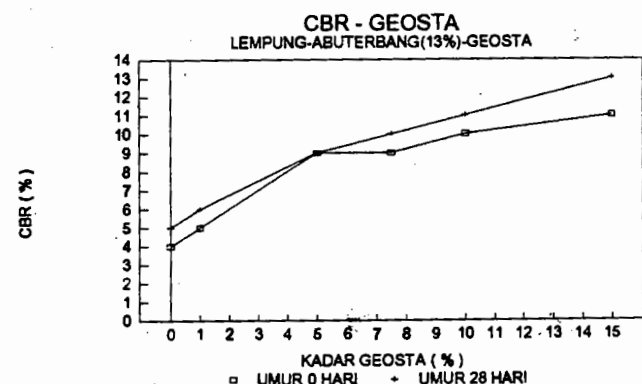
Pengaruh ATG terhadap nilai CBR

Tabel 8. Variasi nilai CBR (%)

No.	Perawatan	Lempung asli	% geosta dengan 13 % abu terbang						
			0	1	5	7,5	10	15	
	Tanpa masa perawatan	3	4	5	9	9	10	11	
	Masa Perawatan 28 hari	---	5	6	9	10	11	13	



Gambar 3. Pengaruh ATG dan Masa Perawatan terhadap Batas-batas Konsistensi



Gambar 5. Pengaruh ATG dan Masa Perawatan terhadap Nilai CBR

Pengaruh ATG terhadap komposisi fraksi

Tabel 9. Variasi komposisi fraksi (%)

No.	Fraksi	Lempung asli	% geosta dengan 13 % abu terbang					
			0	1	5	7,5	10	15
A.	Tanpa masa perawatan							
	Pasir	8	14	12	15	14	16	12
	Lanau	46	38	42	36	42	38	41
	Lempung	46	48	46	49	44	46	47
B.	Masa Perawatan 28 hari							
	Pasir	---	16	21	24	26	22	33
	Lanau	---	43	43	44	53	61	55
	Lempung	---	41	36	32	21	17	12

Perubahan ukuran partikel tanah yang menjadikan gradasinya menjadi lebih beragam dan penurunan kohesi partikel membawa perubahan sifat-sifat tanahnya seperti uraian berikut.

Dengan berkurangnya kohesi partikel maka akan terjadi keadaan sebagai berikut ini.

1. Dalam pengujian batas cair, untuk menutup alur dengan pukulan 25 kali diperlukan kadar air yang lebih sedikit, sehingga batas cairnya berkurang, akibatnya pertambahan ATG dan waktu perawatan akan menurunkan batas cair.
2. Berkurangnya kohesi partikel mengakibatkan tanah semakin sulit dibentuk menjadi batangan berdiameter 3 mm. Untuk membuat batangan dimaksud diperlukan kadar air yang lebih banyak sehingga menaikkan batas plastis. Penambahan ATG dan masa perawatan mampu menaikkan batas plastis.
3. Penurunan batas cair yang diikuti kenaikan batas plastis, mengakibatkan menurunnya indeks plastisitas.

Perubahan gradasi menjadi yang lebih beragam membuat tanah menjadi lebih rapat, akibatnya kepadatan kering maksimum bertambah. Kurva hubungan antara kepadatan kering maksimum dengan kadar air untuk tipikal berbagai tanah yang disampaikan oleh Head (1984) menunjukkan bahwa semakin kasar partikel tanahnya cenderung semakin rendah kadar air optimumnya. Dari uraian di atas dapat dipahami bahwa penambahan ATG yang mengakibatkan berubahnya ukuran partikel ke arah kepasiran memberikan kecenderungan kenaikan kepadatan kering maksimum dan penurunan kadar air optimum.

Perubahan partikel tanah yang cenderung ke arah kepasiran sebagai pengaruh dari ATG dan masa perawatan seperti diuraikan di depan memberikan kontribusi terhadap pembentukan susunan partikel yang lebih kompak, dan saling kunci antar partikel yang lebih baik. Kecenderungan tersebut membuat bertambahnya daya dukung tanah (dalam bentuk nilai CBR) dan berkurangnya pengembangan.

KESIMPULAN DAN SARAN

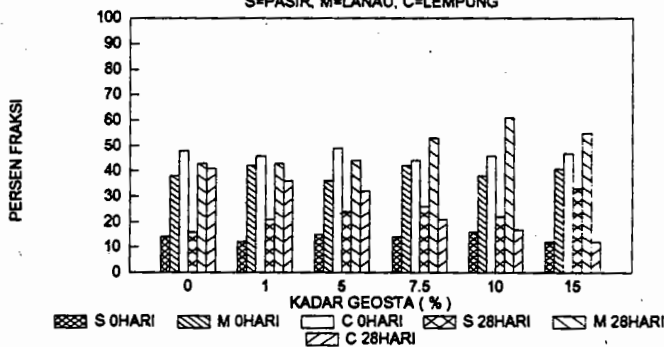
Kesimpulan

Penambahan ATG dan masa perawatannya terhadap tanah lempung mengakibatkan :

1. bertambahnya fraksi pasir dan lanau, serta penurunan fraksi lempung,
2. kenaikan kepadatan kering maksimum dan penurunan kadar air optimum,
3. penurunan batas cair, kenaikan batas plastis dan penurunan indeks plastisitas,
4. kenaikan nilai CBR dan penurunan pengembangan.

Hal tersebut diperkirakan akibat adanya absorpsi ion calcium (dari abu terbang dan geosta) oleh partikel tanah

GRADASI-GEOSTA-UMUR
S=PASIR, M=LANAU, C=LEMPUNG



Gambar 6. Pengaruh ATG dan Masa Perawatan terhadap Komposisi Fraksi

Pembahasan

Pemeriksaan gradasi menunjukkan bahwa penambahan ATG dan pemberian masa perawatan, mengakibatkan perubahan komposisi fraksi, yaitu bertambahnya fraksi pasir dan lanau serta berkurangnya fraksi lempung. Fenomena ini kemungkinan adalah akibat dari proses kimiawi yang terjadi dalam benda uji. Dalam tanah lempung yang dicampur dengan abu terbang atau ATG dapat terjadi perpindahan ion calcium, yaitu ion Ca^{2+} dalam abu terbang dan geosta akan diabsorpsi oleh partikel tanah lempung yang dapat mengakibatkan menggumpalnya partikel menjadi partikel yang lebih besar. Di samping itu dalam stabilisasi yang menggunakan bahan kimia seperti ini akan terjadi proses hidrasi yang menghasilkan $CaCO_3$ yang mampu mengikat partikel-partikelnya menjadi partikel yang lebih besar. Proses hidrasi dimaksud memerlukan waktu, semakin lama waktunya semakin sempurna proses hidrasinya. Kedua proses tersebut dapat membuat tanah menjadi lebih kepasiran yang cenderung menurunkan kohesi partikelnya.

lempung dan proses hidrasi yang membuat partikel menjadi lebih besar.

Saran

1. Perlu penelitian yang lebih mendalam mengenai proses kimiawi yang terjadi pada benda uji yang mengakibatkan perubahan komposisi fraksi pada benda uji dimaksud.
2. Percobaan stabilisasi tanah menggunakan campuran abu terbang dan geosta dapat dilakukan terhadap perubahan sifat teknis yang lain, misalnya karakteristik penurunan, permeabilitas, parameter kuat geser tanah, dan sebagainya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Sdr.Ir.Iman Basuki dan Sdr.Muhajir atas bantuannya dalam melakukan percobaan di Laboratorium Teknik Transportasi Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada.

DAFTAR PUSTAKA

Anonim, 1976, *Manual Pemeriksaan Bahan Jalan* No:01/MN/BM/1976, Departemen Pekerjaan Umum dan Tenaga Listrik Direktorat Jenderal Bina Marga

Anonim, 1993, *Stabilisasi Tanah dengan Semen dan Geosta*, Puslitbang PU, Bandung

Anonim, *Geosta Soil Stabiliser*, PT. Geostar Mega Pascal, Jakarta

Atkins, HN, 1980, *Highway Materials, Soils, and Concretes*, Reston Publishing Company, Virginia

Bowles, JE, 1984, *Physical and Geotechnical Properties of Soils*, 2nd Edition, McGraw-Hill, Singapore

Head, KH, 1982, *Manual of Soil Laboratory Testing* Vol.2, Pentech Press, London

Head, KH, 1984, *Manual of Soil Laboratory Testing* Vol.1, Pentech Press, London

Ingles, OG and Metcalf, JB, 1972, *Soil Stabilization Principles and Practice*, Butterworths, Sydney

Ismanto, B, 1991, *Stabilisasi Abu Terbang Suralaya*, Seminar Mekanika Bahan untuk Mendukung Perkembangan Industri di Indonesia, PAU IT UGM, Yogyakarta

Prijatama, H, 1993, *Abu Terbang dan Pemanfaatannya*, Seminar Nasional Pemanfaatan Energi Batu Bara, Puslitbang Geoteknologi LIPI

Tri Utomo, SH, 1990, *Time Dependent Properties of Pulverised Fuel Ash*, First BGS Young Geotechnical Engineer's Symposium, Sheffield

